

АНАЛИЗ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ДАННЫХ В МЕТОДЕ ГРВ.

Александрова Р.А., д.м.н., Федосеев Г.Б., д.м.н, чл.-корр. РАМН,
Коротков К.Г., д.т.н., Филиппова Н.А., к.м.н., Крыжановский Э. В.,
Зайцев С.В., Магидов М.Я., Потапкин В.Д.

Важнейшим условием применения любой измерительной методики является анализ систематических погрешностей, характера статистического распределения и воспроизводимости результатов. В методе ГРВ погрешности связаны со следующими факторами:

- Стохастический характер формирующегося разряда;
- Погрешности измерительно-преобразовательного тракта;
- Загрязнения на поверхности оптического окна прибора;
- Флюктуации внешних условий;
- Вариабельность измеряемого объекта и изменение его свойств под влиянием процесса измерения.

Для анализа отмеченных факторов было проведено исследование статистических параметров ряда объектов:

- Металлический заземленный цилиндр из титана диаметром 15 мм высотой 30 мм;
- Образцы дистиллированной воды;
- Образцы растворов химически чистых солей;
- Пальцы рук относительно здоровых и больных людей в различные моменты времени.

Исследования проводились на приборах ГРВ-камера с использованием набора ГРВ программ. Для каждой ГРВ-граммы вычислялись площадь засветки, фрактальный коэффициент и коэффициент формы. Перед каждой серией экспериментов поверхность электрода протиралась спиртом и высушивалась.

Металлический цилиндр

Для исследования систематических погрешностей, а также влияния времени суток и условий окружающей среды (атмосферного давления, влажности и т.п.) были проведены следующие серии измерений:

1. серии экспериментов в различные дни при одинаковых внешних условиях ($T = 22^{\circ}\text{C}$, относительная влажность - 42%) по пятьдесят выборок в каждой;
2. серии экспериментов с интервалом времени в пять минут;
3. серии экспериментов с интервалом времени в один час.

Анализ полученных данных показал, что во всех случаях, как в первом, так и во втором днях, выборки по наблюдаемым параметрам извлечены из совокупности с нормальным распределением. Во всех случаях среднее значение почти совпадает с медианой, медиана лежит приблизительно посередине между 25 и 75 перцентилем. Кроме того, основные значения (от 95% до 99%) находятся в пределах двух стандартных отклонений от среднего, и от 64% до 72% значений – в пределах одного стандартного отклонения от средней величины. Это позволяет сравнивать данные при помощи обычного t-критерия Стьюдента. За "нулевую гипотезу" принимается предположение, что различия между значениями статистических показателей отдельных измерений носят случайный характер. Критерий значимости принимался равным 5%.

Разница данных, полученных в различные дни, статистически не значима. Вероятность справедливости "нулевой гипотезы" превышает уровень значимости. Доверительные интервалы содержат нули. При достаточно представительном объеме выборок вероятность обнаружить различия – чувствительность – не превышает 8%. При сопоставлении большого объема данных, полученных в разные моменты времени

показано, что случайные погрешности измерений для коэффициентов формы и фрактальных коэффициентов не превышают 10%, а погрешности площадей засветки - 8%.

Дистиллированная вода и растворы солей

Анализ более чем 3600 ГРВ-грамм жидкофазных объектов показал, что параметры, соответствующие их ГРВ-граммам имеют нормальное распределение. Относительное отклонение параметров меняется от 1 до 8% в зависимости от выбора параметра, соли и концентрации. Отклонения минимальны для коэффициента формы дистиллированной воды (примерно 1%) и максимальны для растворов электролитов высоких концентраций (примерно 7 - 8%). Чувствительность статистического критерия, зависящая от разницы средних, их стандартных отклонений и числа выборок, при планировании в 60% и выше в подобном исследовании, должна включать не менее 40 выборок для каждой концентрации.

В то же время показано, что в процессе съемки за счет воздействия ЭМП на жидкость происходит изменение параметров снимаемых ГРВ-грамм, что может быть интерпретировано как изменение свойств жидкости под воздействием импульсного ЭМП. Эти изменения статистически значимы. Например, коэффициент формы F дистиллированной воды меняется от 1.38 для первого измерения до 1.42 при пятом измерении со стандартным отклонением 1%. После 7 - 8 измерения тенденция к увеличению F сохраняется, однако стандартное отклонение резко увеличивается до 3 - 4%. Для растворов солей влияние процесса измерения еще более сильно: после 7 - 8 измерений стандартное отклонение увеличивается от 3 - 4% до 10 - 12%. Несмотря на статистически значимые различия между ГРВ-граммами капель жидкости и их 5-ти кратных ионизированных аналогов (под ионизацией подразумевается воздействие ЭМП в процессе съемки жидкости), доверительные интервалы разности меньше стандартных отклонений от средних значений. Это обстоятельство позволяет обосновать использование 5-ти кратную съемку одной капли. При большей ионизации доверительные интервалы разности увеличиваются и в целом ряде случаев становятся большими или сравнимыми со стандартными отклонениями указанных растворов.

Большое количество выборок для проведения статистического анализа может быть получено за счет использования последовательных измерений одной и той же жидкости. Объем выборок в 40 значений может содержать данные 8 последовательных измерений, каждое из которых содержит 5 съемок.

При концентрациях порядка 0,0001 г-экв/л нужно использовать лишь неионизированные капли, т.к., начиная с этого значения, стандартные отклонения растворов становятся сравнимыми со стандартными отклонениями дистиллированной воды и с доверительными интервалами разности.

С другой стороны, подобные данные свидетельствуют, что метод ГРВ может быть использован для регистрации влияния ЭМП на жидкость при корректном учете влияния самого процесса измерения.

Выявлены статистически значимые различия между ГРВ-граммами дистиллированной воды и растворами химически чистых солей: NaCl , KCl , NaNO_3 , KNO_3 даже при небольших выборках с чувствительностью равной единице при концентрациях вплоть до $1 \cdot 10^{-6}$ г-экв/л.

Пальцы рук относительно здоровых и больных людей

С помощью аппаратного комплекса "GDV-Camera" было обследовано 38 здоровых лиц и 20 больных БА с интервалом в 10 минут, 20 практически здоровых лиц и 20 больных БА с интервалом в сутки и 22 больных в течение суток: в 9 часов, 13, 17, 21 час и 9 часов утра следующего дня. ГРВ-графии предшествовало психологическое тестирование по Люшеру с использованием специальной компьютерной программы выявления факторов нестабильности выбора цветов и показателей вегетативного индекса при первоначальном, повторном исследованиях и их средних величин. Психологическое тестирование по Люшеру применялось как для изучения влияний изменений

психологического состояния на динамические изменения ГРВ-характеристик, так и в качестве отвлекающей методики, позволяющей максимально стандартизировать психологическое состояние исследуемого при первичном и повторных регистрациях ГРВ-граммы. Учитывая ритмический характер всех процессов жизнедеятельности человека и существенную роль обструктивных нарушений вентиляции в характеристике функционального статуса больных БА, методом пикфлоуметрии у 22 больных БА исследовалась также пиковая объёмная скорость выдоха практически синхронно с регистрацией ГРВ-граммы: в 9 часов, 13, 17, 21 час и 9 часов утра следующего дня.

При исследовании в одно и то же время суток и исключении случайных нагрузок (психологических, физических, приёма пищи и т.д.) у здоровых лиц величины амплитуд колебаний параметров ГРВ-граммы, среднесуточная и средняя 10-минутная, составили 4.1% и 6.6%, больных БА - соответственно 8.6% и 7.7%. Как среди здоровых лиц, так и среди больных БА были выявлены лица с выраженной лабильностью психологического статуса и вегетативной неустойчивостью, у которых вариабельность ГРВ-граммы была наибольшей - до 18% (по отношению к среднесуточной величине). Выявленные корреляционные связи показателей ГРВ-граммы с особенностями психологического и вегетативного статуса и регулируемой вегетативной нервной системой основными параметрами гемодинамики, позволяют рекомендовать синхронное динамическое исследование вегетативного индекса у больных с выраженной вариабельностью показателей ГРВ-граммы.

Литературные источники подтверждают существенный вклад вегетативной нервной системы в механизмы системной регуляции энергоинформационной и функциональной активности человека. Так, диапазон колебаний пиковой объёмной скорости выдоха у обследованных больных БА составил 20.7% от среднесуточной величины. По данным литературы, нормированные отклонения показателей проходимости бронхов у больных за тот же отрезок времени существенно выше, чем у здоровых лиц, и превышают 20%.

Мы пришли к заключению о хорошей повторяемости и воспроизводимости параметров ГРВ-граммы у абсолютного большинства обследованных здоровых лиц и больных БА (в 85% случаев). При регистрации ГРВ-параметров людей, находящихся в устойчивом психофизиологическом состоянии, показатели ГРВ-граммы воспроизводятся с точностью 5-15%. Выраженная вариабельность колебаний показателей ГРВ-граммы как у здоровых лиц, так и среди больных БА, была связана с вегетативной неустойчивостью обследуемых. Учитывая высокую чувствительность метода к изменениям психоэмоционального состояния больных, рекомендуем соблюдение следующих условий регистрации ГРВ-граммы:

1. обследование больных следует проводить утром, до завтрака и приёма лекарств;
2. динамическая регистрация ГРВ-грамм должна осуществляться в одно и то же время, постоянным доктором, в одном помещении с постоянными оптимальными показателями температуры, влажности, газового состава воздуха, поддерживаемыми работой систем вентиляции и отопления;
3. необходимо обеспечить обследуемым условия психологического и физического комфорта, исключить случайные нагрузки (психологические, физические, курение, употребление алкоголя и др.);
4. регулярно с помощью тест-объекта следует проводить проверку аппаратуры.